

**Pengaruh Perlakuan Pengarangan dan Penambahan Partikel Kemiri
Terhadap Kualitas *Paving Block***
(Effect of Carbonization Treatment and Particle Addition of Kemiri Shell
on the Quality of Paving Block)

Frederick Raymond¹, Tito Sucipto², Irawati Azhar²

¹Alumni Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Tridharma Ujung No. 1 Kampus USU Medan 20155
(Penulis Korespondensi, Email: erraymonderick@gmail.com)

²Dosen Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara

Abstract

This experiment aims to determine the quality paving block with the addition of kemiri particles with carbonization treatment, evaluate the effect of adding particles and carbonization treatment and determine the number of particles and optimal treatment. Variations of these purpose was the particle composition (5%, 7%, 9%) and carbonization treatment. Characteristics of the paving block with treatments based on SNI 03-0691-1996 particle composition and carbonization treatment is from 24,21 to 62,53 MPa compressive strength (quality A-B), water absorption 1,89% - 2,79% (quality A), resistance to sodium sulfate 1,72% -2,82% (defects) and porosity of 1,31% - 5,67%. The treatment takes significant effect on the compressive strength, resistance to sodium sulfate and porosity but did not significantly affect the water absorption. Based on the results of analysis of variance, optimal treatment is the particle composition 7% with treatment without carbonization.

Keywords: paving blocks, kemiri shell, carbonization, particle composition, quality.

PENDAHULUAN

Paving block merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan sebagai lapisan atas struktur jalan selain aspal dan beton. Bahan bangunan ini biasanya digunakan untuk parkir mobil, jalan setapak, halaman parkir, dan pada jalan kompleks perumahan. *Paving block* sekarang ini semakin banyak diminati oleh masyarakat dibanding bahan perkerasan yang lain. Minat konsumen terhadap *paving block* dikarenakan pelaksanaannya lebih cepat, mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan serta memiliki nilai estetika yang baik dan harganya yang mudah dijangkau. Selain itu *paving block* merupakan konstruksi yang ramah lingkungan karena sela-selanya akan memperlancar rembesan air sehingga sangat baik dalam konservasi tanah dan meminimalisasi terjadinya banjir.

Akan tetapi peningkatan permintaan *paving block* ini tidak diimbangi oleh kualitas baik dari segi kekuatan, daya tahan, dan umur pakainya. Hal ini disebabkan mutu dan kualitas bahan yang tidak sesuai, komposisi bahan pembuatan yang tidak sesuai standar dan tekanan yang terlalu besar pada terhadap *paving block* tersebut. Sifat *paving block* berubah karena sifat dari bahan-bahan penyusunnya yaitu semen, pasir, dan air maupun campurannya.

Penambahan bahan tambahan (*admixture*) yang dapat meningkatkan kualitas *paving block* terus berkembang. Salah satu contoh bahan tambahan (*admixture*) yang dapat digunakan adalah *fly ash* dan mikrosilika. Sejauh ini *fly ash* dan mikrosilika

merupakan jenis *pozzolan* yang banyak terdapat di pasaran. *Fly ash* sudah dikenal sebagai *pozzolan* yang bereaksi lambat sehingga kontribusinya terhadap kekuatan beton akan memerlukan waktu yang cukup lama, sedangkan mikrosilika yang dapat bereaksi dengan cepat harganya cukup mahal.

Mengingat penting penggunaan *pozzolan* pada beton, jenis-jenis *biopozzolan* aktif dengan harga yang lebih murah serta ramah lingkungan seperti pemanfaatan limbah perlu dikembangkan. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai *biopozzolan* adalah cangkang kemiri..

Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild) merupakan salah satu komoditas Hasil Hutan Non Kayu (HHNK) penting yang ada di Sumatera Utara. Menurut Dinas Perkebunan Sumatera Utara pada tahun 2012 produksi kemiri sebesar 12.242,81 ton dengan potensi limbah mencapai 9182,10 ton. Hal ini tentu membuat potensi limbah berupa cangkang kemiri yang cukup besar.

Cangkang kemiri memiliki sifat keras, cukup tebal, dan berkayu merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan tanaman kemiri. Pemanfaatan cangkang kemiri saat ini masih terbatas pada penggunaan untuk bahan bakar berupa briket arang sedangkan abunya digunakan sebagai pupuk. Pemanfaatan limbah padat kemiri dalam bidang teknologi bahan belum begitu banyak dilakukan khususnya penelitian mengenai pemanfaatan limbah padat kemiri sebagai material penguat komposit.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeterminasi dan mengevaluasi kualitas *paving block* dengan penambahan partikel kemiri perlakuan pengarang dan menentukan jumlah partikel cangkang kemiri dan perlakuan yang optimal.

METODOLOGI

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin press *paving block*, oven, timbangan elektrik, ayakan 70 mesh, tungku drum, terpal plastik, kertas label, ember plastik kapasitas 40 kg, kantung plastik, kaliper, kamera digital, kalkulator, alat tulis, dan UTM (*Universal Testing Machine*). Sedangkan bahan yang digunakan adalah serbuk cangkang kemiri (*Aleurites moluccana* Wild), pasir, kerikil, semen *portland*, natrium sulfat, dan air.

Kegiatan penelitian ini dilakukan 2 tahap yaitu : pengarang bahan baku, pencetakan *paving block*.

1. Pengarang bahan baku

Pengarang cangkang kemiri dilakukan dengan menggunakan tungku drum yang dimodifikasi. Tungku drum dibuat lubang udara pada bagian bawah tungku, dan membuat cerobong asap sebagai saluran mengeluarkan asap proses pembakaran.

Menurut Peraturan Trass & Semen Merah Indonesia NI 20 dalam Riyadi, dkk (2005) syarat mutu mutu *pozzolan* yang baik adalah berukuran 0,21 mm atau 70 mesh. Hal ini menjadi acuan untuk menggiling cangkang kemiri menjadi partikel yang halus dengan ukuran 70 mesh. Sebelumnya partikel direndam dalam air panas selama 2 hari (48 jam) untuk menghilangkan kandungan zat minyak dan ekstraktif pada cangkang. Setelah itu partikel dikeringkan hingga kadar air konstan.



2. Pencetakan *paving block*

Menurut SNI 03-2834-2000 penentuan massa komposisi bahan beton mengacu pada massa semen untuk 1 m³ digunakan semen 325 kg dengan faktor air semen 0,6. Angka tersebut mengacu pada ketentuan penggunaannya yang digunakan di luar bangunan (tidak terlindung dari hujan dan panas terik matahari langsung).

Komposisi bahan yang diperlukan dalam pembuatan *paving block* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi *paving block*

Kadar Partikel (%)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Batu Kerikil (kg)	Air (kg)	Partikel cangkang kemiri (kg)
5	1,29	2,70	4,05	0,81	0,06
7	1,26	2,70	4,05	0,81	0,09
9	1,23	2,70	4,05	0,81	0,12
5	1,29	2,70	4,05	0,81	0,06
7	1,26	2,70	4,05	0,81	0,09
9	1,23	2,70	4,05	0,81	0,12

 = partikel diberikan perlakuan pengarang
 = partikel tanpa perlakuan pengarang

Pengondisian *Paving Block*

Paving block yang telah terbentuk kemudian dikondisikan selama 28 hari hingga *paving block* kering dan keras dan kemudian dilakukan pengujian sesuai dengan SNI 03-0691-1996

Pengujian Sifat Fisis

1. Porositas

Porositas adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pori-pori (porositas) yang terdapat pada sampel. Persentase porositas dapat diketahui berdasarkan daya serap bahan terhadap air yaitu perbandingan volume air yang diserap dengan volume total sampel

$$P(\%) = \frac{m_b - m_k}{vt} \times 100$$

2. Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan suatu benda untuk menyerap air dalam jangka waktu tertentu.

$$DSA(\%) = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100$$

3. Ketahanan terhadap natrium sulfat

Prosedur dilakukan untuk mengetahui ketahanan *paving block* terhadap kerusakan dan keretakan akibat pengaruh lingkungan.

$$\text{Kehilangan berat}(\%) = \frac{BKA - BKO}{BKO} \times 100$$

Pengujian Sifat Mekanis

1. Kuat tekan

Persamaan kuat tekan (*compressive strength*) suatu bahan merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan bahan dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut.

$$P = \frac{F}{A}$$

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial, dengan tiga ulangan. Perlakuan yang diberikan ada 2 yaitu:

1. Kadar Partikel (5%, 7%, 9%)
2. Perlakuan Pengarang (dengan pengarang dan tanpa pengarang)

Model statistik yang digunakan adalah :

$$\mu_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:

μ_{ijk} = hasil pengamatan untuk komposisi partikel cangkang kemiri (faktor A) level ke-i, dan perlakuan pengarangan (faktor B) ke-j, pada ulangan ke-k

μ = rata-rata umum

α_i = pengaruh penambahan partikel cangkang kemiri (faktor A) pada level ke-i

β_j = pengaruh perlakuan pengarangan (faktor B) pada level ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = interaksi antara A dan B pada faktor A level ke-i, faktor B level ke-j

ϵ_{ijk} = galat percobaan untuk faktor A level ke-i, faktor B level ke-j pada ulangan ke-k

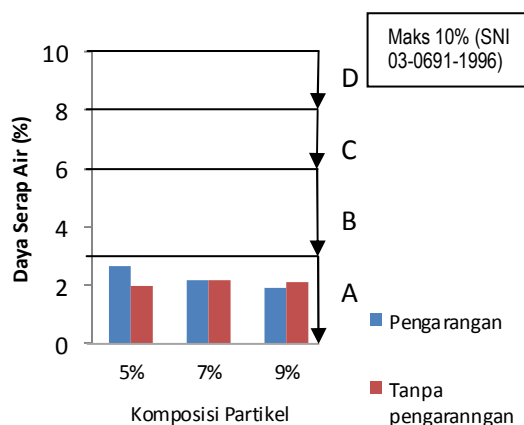
Analisis ragam dilakukan untuk mengetahui pengaruh faktor perlakuan terhadap kualitas *paving block* yang meliputi: kuat tekan, daya serap air, porositas dan ketahanan terhadap natrium sulfat. Kriteria ujinya yaitu jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka perlakuan berpengaruh nyata dan jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka perlakuan tidak berpengaruh nyata. Untuk mengetahui taraf perlakuan mana yang akan disarankan maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisik

Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan suatu benda untuk menyerap air dalam jangka waktu tertentu. Hasil pengukuran daya serap air *paving block* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram daya serap air *paving block*

Daya serap air *paving block* terkecil terdapat pada komposisi partikel 9% dengan perlakuan pengarangan yaitu 1,89% dan yang terbesar terdapat pada komposisi partikel 5% dengan perlakuan pengarangan sebesar 2,63%. Dari hasil analisis ragam dengan selang kepercayaan 95% diketahui bahwa penambahan partikel cangkang kemiri dan perlakuan pengarangan serta

interaksi keduanya tidak berpengaruh signifikan terhadap daya serap air *paving block*.

Daya serap air rata-rata semua perlakuan memenuhi SNI 03-0691-1996 yaitu tidak lebih dari 10%. Kelas mutu rata-rata daya serap air *paving block* berada pada kelas A karena tidak lebih dari 3%.

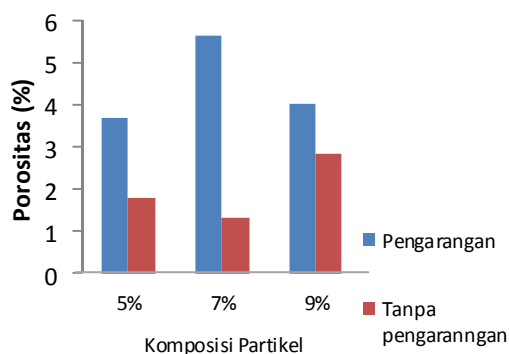
Pada Gambar 1, daya serap *paving block* cenderung menurun akibat penambahan partikel cangkang kemiri yang diarangkan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pengarangan menurunkan daya serap air meskipun tidak secara signifikan. Hasil pengujian ini sama dengan penelitian yang telah dilakukan Mulyati, dkk (2011) tentang pengaruh persen massa hasil pembakaran serbuk kayu dan tebu pada mortar menunjukkan penurunan daya serap air mortar sampai pada batas penambahan 15%. Kemiri yang diarangkan (karbonisasi) diduga memiliki pori yang tertutup sebagai akibat dari pemanasan. Hal ini didukung oleh pernyataan Lempang, dkk (2011) yang menyatakan bahwa pada karbonisasi tempurung kemiri menjadi arang akan dihasilkan lebih banyak karbon, sedikit hidrogen dan oksigen, namun demikian pada arang masih terdapat cukup banyak

senyawa hidrokarbon. Senyawa tersebut menutupi pori dan permukaan arang yang dapat menyebabkan kemampuan daya serapnya rendah.

Pada perlakuan partikel cangkang kemiri tanpa pengarangan, nilai daya serap air cenderung meningkat meskipun tidak secara signifikan. Kandungan kimia cangkang kemiri diduga menjadi penyebab meningkatnya sifat daya serap air dibandingkan partikel kemiri yang diarangkan. Hal ini menunjukkan holoselulosa dan lignin pada partikel cangkang kemiri masih aktif menyerap air sesuai dengan pernyataan Mawardi (2012) yang menyatakan selain hemiselulosa yang paling berpengaruh pada penyerapan air adalah selulosa, lignin dan permukaan selulosa kristal juga berpengaruh. Jumlah air yang diserap oleh *paving block* tergantung pada volume rongga yang dapat diisi oleh air sedangkan volume rongga yang dapat diisi air dapat diketahui dari nilai porositasnya. Semakin tinggi nilai porositas maka akan semakin besar volume rongga yang dapat diisi oleh air. Namun pada penelitian ini nilai porositas terbesar tidak menunjukkan daya serap air yang besar pula. Hal ini dikarenakan pori-pori yang banyak tidak terhubung satu sama lain hingga ke lapisan dalam *paving block*. Bakri dan Baharudin (2009) menyatakan semakin banyak pori yang tidak memiliki interkoneksi maka semakin sedikit air yang dapat diserap oleh contoh uji. Air yang terjebak dalam rongga pori yang tidak memiliki interkoneksi dengan pori lainnya tidak akan melakukan pergerakan dalam contoh uji dan tidak diperhitungkan sebagai air yang diserap. Air yang dihitung sebagai air yang diserap dalam contoh uji adalah air yang dapat bergerak ke dalam dan keluar contoh uji melalui pori yang saling terhubung.

Porositas

Porositas sangat dipengaruhi oleh jumlah pori yang terdapat pada *paving block*. Hasil pengukuran daya serap air *paving block* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Histogram porositas *paving block*

Paving block hasil penelitian dengan nilai porositas tertinggi terdapat pada komposisi 7% dengan perlakuan pengarangan dengan nilai sebesar 5,67% sedangkan yang terendah terdapat pada komposisi partikel 7% dengan perlakuan tanpa pengarangan dengan nilai sebesar 1,31%. Nilai porositas ini cenderung lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Manalu (2012) yang berkisar 9-11%. Hasil analisis ragam pada taraf kepercayaan 95% menunjukkan bahwa komposisi partikel cangkang kemiri berpengaruh nyata terhadap nilai porositas. Hal ini berarti pada komposisi partikel 5%, 7%, dan 9% memberikan pengaruh yang berbeda pada porositas *paving block* yang dihasilkan. Demikian juga dengan perlakuan pengarangan dan tanpa pengarangan berpengaruh nyata terhadap porositas *paving block*. Hal ini berarti perlakuan pengarangan maupun tanpa pengarangan memberikan pengaruh berbeda terhadap nilai porositas *paving block*. Interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh nyata terhadap porositas *paving block* yang dihasilkan.

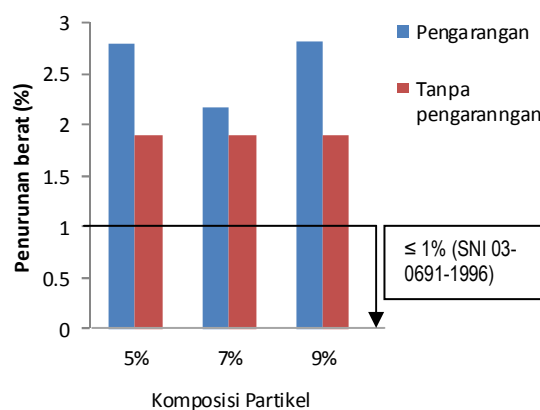
Hasil uji lanjut *Duncan* pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa komposisi partikel 5% dan 7% berbeda nyata terhadap komposisi partikel 9% dengan perlakuan tanpa pengarangan dan komposisi partikel 9% tersebut berpengaruh nyata terhadap komposisi partikel 5% dan 7% dan 9% dengan perlakuan tanpa pengarangan. Dari hasil tersebut dapat direkomendasikan penggunaan komposisi partikel 5% dan komposisi partikel 7% tanpa pengarangan.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan nilai porositas seiring dengan penambahan partikel cangkang kemiri. Soesanto (2013) melakukan penelitian mengenai porositas mortar yang ditambahkan abu serbuk gergaji dengan komposisi 5%, 10%, 15%, 20%. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa mortar dengan komposisi serbuk gergaji 5% memiliki nilai porositas lebih kecil dibandingkan dengan komposisi 10%, 15% dan 20%. Hasil penelitian Manalu (2012) juga menunjukkan peningkatan nilai porositas akibat penambahan partikel. Komposisi partikel yang semakin banyak akan meningkatkan jumlah pori-pori sehingga akan menambah rongga-rongga di dalam *paving block*. Partikel cangkang kemiri diduga akan mengurangi reaksi hidrasi sehingga partikel yang tidak bereaksi dengan semen dan air akan berperan sebagai *filler*/bahan pengisi. Partikel sebelumnya mengalami reaksi hidrasi dengan air dan semen kemudian peningkatan kadar partikel dan jumlah

semen yang berkurang akan membuat sebagian partikel akan menjadi bahan pengisinya.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat kecenderungan peningkatan nilai porositas yang lebih besar pada perlakuan pengarangan dibandingkan dengan perlakuan tanpa pengarangan. Partikel cangkang kemiri dengan perlakuan pengarangan menambah rongga-rongga *paving block* lebih banyak dibandingkan dengan partikel cangkang kemiri tanpa pengarangan. Hal ini disebabkan berat jenis partikel cangkang kemiri yang diraraskan lebih ringan dibandingkan dengan yang tidak diraraskan sehingga menyebabkan volume campuran menjadi besar ketika dicetak. Mulyati, dkk (2012) menyatakan terdapat hubungan antara porositas dengan kuat tekan. Kuat tekan yang semakin besar akan membuat nilai porositas semakin kecil dan sebaliknya kuat tekan yang kecil akan membuat nilai porositas besar. Nilai porositas yang rendah menunjukkan bahwa beton semakin padat dan memiliki durabilitas yang lebih tinggi Prasetyo (2011).

Ketahanan terhadap Natrium Sulfat



Gambar 3. Histogram penurunan berat akibat perendaman dengan natrium sulfat

Kehilangan berat terbesar *paving block* terdapat pada komposisi partikel 9% dengan perlakuan pengarangan sebesar 2,82% dan kehilangan berat terkecil terdapat pada komposisi partikel 9% dengan perlakuan tanpa pengarangan sebesar 1,72%. Penurunan berat pada kedua tipe ini tidak memenuhi SNI 03-0691-1996 karena disyaratkan penurunan tidak lebih dari 1%. Kehilangan berat *paving block* yang tinggi tersebut dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan semen jenis PC tipe 1. Semen Indonesia (2013) menyatakan bahwa semen *portland* tipe 1 adalah semen *portland* yang dipakai untuk segala macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus, misalnya ketahanan terhadap natrium sulfat, panas hidrasi dan sebagainya..

Dari hasil analisis ragam dengan selang kepercayaan 95% diperoleh bahwa penambahan partikel dengan komposisi tertentu berpengaruh signifikan pada ketahanan *paving block* terhadap natrium sulfat. Demikian juga dengan perlakuan pengarangan dan tanpa pengarangan dan interaksi antara komposisi partikel dan perlakuan pengarangan dan tanpa

pengarangan berpengaruh signifikan terhadap ketahanan *paving block* pada natrium sulfat.

Hasil uji lanjut *Duncan* pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa komposisi partikel 5%, 7%, 9% perlakuan tanpa pengarangan serta komposisi partikel 5% perlakuan pengarangan berpengaruh nyata terhadap komposisi partikel 7% dan 9% perlakuan pengarangan. Dari hasil tersebut dapat direkomendasikan penggunaan komposisi partikel 5% dengan perlakuan tanpa pengarangan sudah cukup untuk mengurangi dampak pengikisan terhadap natrium sulfat.

Dari Gambar 3, dapat dilihat dengan semakin bertambahnya kadar partikel maka ketahanan terhadap natrium sulfat cenderung menurun. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa partikel cangkang kemiri cenderung mengurangi ikatan semen seiring dengan pengurangan komposisi semennya. Semen merupakan salah satu faktor yang penting yang mempengaruhi ketahanan beton terhadap natrium sulfat. Sesuai dengan pernyataan Jones (2002) yang menyatakan bahwa tingkat kerusakan terhadap natrium sulfat menurun seiring dengan bertambahnya kadar semen, bahkan pada beton yang terbuat dari semen *portland* biasa.

Tingkat kerusakan akibat natrium sulfat pada *paving block* cenderung stabil pada perlakuan tanpa pengarangan namun pada perlakuan pengarangan nilai kerusakan cenderung lebih besar. Tingkat kerusakan yang besar ini berhubungan sifat porositasnya. Porositas menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi ketahanan *paving block* karena larutan natrium sulfat masuk melalui pori-pori pada permukaan *paving block*. Jones (2002) menyatakan faktor yang mempengaruhi ketahanan sulfat beton bukan hanya akibat reaksi kimia dengan matriks semen tetapi juga akibat pengaruh permeabilitas dan kualitas keseluruhan beton.

Pada parameter porositas dapat dilihat bahwa nilai porositas pada perlakuan tanpa pengarangan lebih kecil dibandingkan dengan porositas *paving block* dengan perlakuan pengarangan. Hal ini menunjukkan *paving block* dengan perlakuan tanpa pengarangan lebih kedap air dibandingkan dengan *paving block* perlakuan pengarangan sehingga larutan natrium sulfat sedikit masuk kedalam *paving block* karena sudah tertutup oleh partikel kemiri. Hal ini sesuai dengan Nety dan Tanzil (2013) yang menyatakan bahwa salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap disintegrasi oleh zat kimia yang bersifat agresif terutama magnesium sulfat adalah dengan mengurangi porositas beton sehingga beton lebih kedap air.

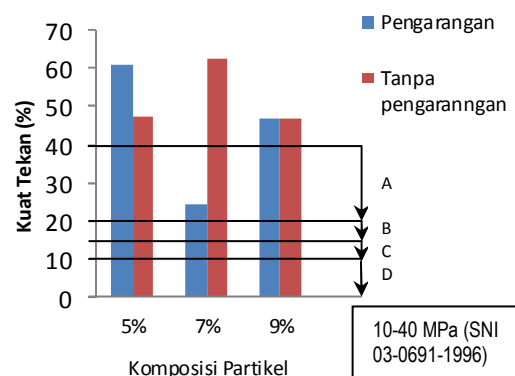
Kategori *paving block* yang memenuhi standar SNI 03-0691-1996 adalah permukaan sebelum dan sesudah perendaman natrium sulfat tidak terdapat adanya retak-retak (meskipun kecil), rapuh, gugus dan lain-lain. Seluruh sampel *paving block* pada penelitian ini mengalami retak-retak kecil, gugus dan rapuh pada bagian tepi.

Sifat Mekanis *Paving block*

Kuat Tekan

Paving block dengan kuat tekan terbesar terdapat pada komposisi partikel 7% dengan perlakuan tanpa pengarangan yaitu sebesar 62,53 MPa. Sedangkan *paving block* dengan kuat tekan terkecil terdapat pada

komposisi partikel 7% dengan perlakuan pengarangan sebesar 24,21 MPa. Nilai kuat tekan tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Histogram kuat tekan *paving block*

Kuat tekan rata-rata semua perlakuan memenuhi SNI 03-0691-1996 yang mengisyaratkan kekuatan berkisar 10-40 Mpa. Kelas mutu rata-rata kuat tekan *paving block* berada pada kelas A karena lebih besar dari 40 MPa kecuali pada komposisi 7% dengan perlakuan pengarangan adalah kualitas B (20-39 MPa). Nilai kuat tekan ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian Manalu (2012) yang hanya sebesar 29 Mpa. Selain karena perbedaan bahan, metode pencetakan yang digunakan adalah metode mekanis sehingga kuat tekan yang dihasilkan lebih besar.

Dari hasil analisis ragam dengan selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara penambahan partikel kemiri dengan perlakuan pengarangan dan tanpa pengarangan. Hal ini berarti penambahan partikel kemiri pada taraf tertentu dengan perlakuan tertentu akan mempengaruhi kuat tekan *paving block* yang dihasilkan. Sedangkan penambahan partikel atau perlakuan pengarangan cangkang kemiri tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kuat tekan *paving block* yang dihasilkan. Hal ini berarti penambahan partikel cangkang kemiri dalam kadar berapapun atau perlakuan apapun tidak akan mempengaruhi kuat tekan *paving block* yang dihasilkan.

Hasil uji lanjut *Duncan* pada taraf nyata 5% merekomendasikan penggunaan komposisi partikel 5% dengan perlakuan pengarangan dan komposisi partikel 7% tanpa pengarangan. Kedua perlakuan ini dapat digunakan tetapi disarankan penggunaan 7% tanpa pengarangan karena tidak memerlukan biaya tambahan untuk melakukan pengarangan (karbonisasi).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum nilai kuat tekan menurun seiring dengan bertambahnya komposisi partikel. Nilai kuat tekan pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Bilqis (2013) mengenai studi kuat tekan pada mortar yang mengandung *rice husk ash* (RHA) dan *concrete sludge waste* (CSW). Hasil penelitiannya menunjukkan kadar RHA 6% memiliki kuat tekan yang lebih besar dibandingkan kadar RHA 8%, 10%, dan 12%. Hal ini juga senada dengan penelitian Manalu (2012) penambahan partikel batang kelapa sawit yang semakin banyak akan menurunkan nilai kuat tekan *paving block*. Faktor air dalam campuran *paving block*

diduga tidak cukup untuk mengimbangi jumlah partikel cangkang kemiri yang semakin banyak hingga pada taraf 9%. Hal ini berbeda dengan pernyataan Ferdian (2012) yang menyatakan bahwa kekuatan beton akan berkurang ketika penambahan *pozzolan* lebih dari 15%. Karakteristik bahan dasar *pozzolan* menjadi pertimbangan untuk menentukan jumlah air yang digunakan sehingga pada proses reaksi semen dengan bahan lainnya cukup air.

Pemberian perlakuan karbonisasi diharapkan dapat mengubah senyawa silika yang ada pada cangkang kemiri menjadi reaktif terhadap semen (silika amorf). Namun pada kenyataannya, nilai kuat tekan yang dihasilkan cukup rendah dibandingkan dengan tanpa pengarangan. Hal ini mengindikasikan reaksi *pozzolan* yang diharapkan terjadi dalam jumlah yang sedikit. Proses pembakaran yang tidak sempurna diduga menjadi penyebab *pozzolan* tidak terbentuk dengan sempurna dan reaktif. Proses pembakaran pada penelitian hanya menggunakan cara konvensional sehingga panas yang dihasilkan kurang maksimal dan tidak merata. Sonjaya dan Suharlina (2011) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan biopozzolan eks penggilingan tebu untuk meningkatkan mutu beton dan menyatakan jumlah silika amorf yang paling banyak terdapat pada suhu 700°C selama 3 jam dengan proses *sintering*. *Sintering* adalah suatu metode untuk membuat suatu serbuk melalui pemanasan (di bawah titik didihnya) sampai partikel-partikelnya saling menempel. Harsono dalam Siringo-ringo (2012) juga menyatakan bahwa untuk mendapatkan silika yang reaktif temperatur pembakaran harus terkontrol.

Metode pencetakan juga berpengaruh terhadap kekuatan *paving block*. Pada penelitian ini digunakan metode mekanis dengan menggunakan mesin pencetak *paving block*. *Paving block* yang dihasilkan cenderung memiliki kekuatan yang baik dan stabil. Hal ini dikarenakan mesin pencetak memiliki tekanan yang besar dan stabil dan adanya proses penggetaran sebelum *paving block* dicetak. Hal ini didukung oleh Pamungkas dan Hairunissa (2007) yang menyatakan bahwa *paving block* yang dikerjakan dengan mesin dan otomatis hasilnya tentu lebih baik, lebih kuat dan lebih rapat dibandingkan dengan cara manual karena adanya getaran dan pemadatan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Karakteristik *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 adalah kuat tekan 24,21 - 62,53 MPa (kualitas A-B), daya serap air 1,89 % - 2,79 % (kualitas A), ketahanan terhadap natrium sulfat 1,72 % - 2,82 % (cacat) dan porositas 1,31 % - 5,67 %.
2. *Paving block* dengan komposisi partikel kemiri dan perlakuan pengarangan berpengaruh nyata terhadap kuat tekan, ketahanan terhadap natrium sulfat dan porositas tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap daya serap air.
3. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 dan hasil analisis ragam perlakuan yang paling optimal adalah

komposisi partikel 7% dengan perlakuan tanpa pengarangan

Saran

Pencetakan *paving block* disarankan menggunakan metode konvensional untuk menjamin komposisi bahan baku yang sesuai pada setiap batang *paving block* serta perlu penelitian lanjutan untuk meningkatkan kualitas bahan baku dengan karbonisasi kemiri dengan menggunakan tanur.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri dan Baharuddin. 2009. Absorpsi Air Komposit Semen Sekam Padi Dengan Penambahan Pozzolan Abu Sekam Padi dan Kapur Pada Matriks Semen. Jurnal Perenial. Fakultas Kehutanan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Bilqis, S. 2012. Studi Kuat Tekan pada Mortar yang Mengandung *Rice Husk Ash* (RHA) dan *Concrete Sludge Waste* (CSW) dengan Komposisi Semen, Agregat Halus 1:3. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil. Universitas Indonesia. Depok.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1996. SNI 03-0691-1996. Bata Beton (*Paving Block*). Departemen Pekerjaan Umum. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta
- Ferdian, F. 2012. Studi Penelitian Komposisi Beton Berpori dengan Variasi Jenis dan Persentase Bahan *Admixture* Terkait Nilai Kuat Tekan pada Aplikasi *Sidewalk*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Bina Nusantara. Jakarta
- Jones. 2002. *Sulfate Resisting and Concrete*. (<http://59.167.233.142/publications/pdf/Sulfate-data.txt>) diakses 25 Januari 2015
- Lempang, M, Syafii, dan W. Pari, G. 2011. Struktur dan Komponen Arang Serta Arang Aktif Tempurung Kemiri. Jurnal. Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan. Bo
- Manalu, L. 2012. Pengaruh Penam 1 Partikel dan Ukuran Partikel Limbah Batang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kualitas *Paving Block*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan. .
- Mawardi, I. 2012. Mutu Papan Partikel dari Kayu Kelapa Sawit. Jurnal. Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Negeri Lhokseumawe. Banda Aceh.
- Mulyati, S., Dahlan D, dan Adril, E. 2011. Pengaruh Persen Masa Hasil Pembakaran Serbuk Kayu dan Ampas Tebu pada Mortar terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisiknya. Jurnal. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang.
- Nety, dan Tanzil, G. Pengaruh Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Pasir dengan W/C 0,4 dan 0,5. Jurnal. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya. Palembang

- Pamungkas dan Hairunnisa, 2007. Komparasi Mutu *Paving Block* antara Metode Mekanis dan Konvensional dengan Campuran Endapan Sampah (Studi Kasus TPA Banyu Urip, Magelang). Skripsi. Jurusan Sipil Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Prasetio, A, Y. 2011. Porositas dan Permeabilitas Beton Menggunakan Pasir Tailing Tambang Timah dan Pasir Besi. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Riyadi, M dan Amalia. 2005. Teknologi Bahan 1. Diklat. Jurusan Teknik Sipil .Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta.
- Semen Indonesia. 2013. Jenis Semen dan Penggunaannya.
(<http://www.semenindonesia.com/page/get/jenis-produk-23>) diakses tanggal 20 Januari 2015
- Siringo-ringo, A. 2012. Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Cangkang Kemiri sebagai Campuran dalam Peningkatan Kekuatan Beton. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Medan. Medan.
- Soesanto, N. 2013. Studi Sifat Mekanis Mortar Dengan Campuran Abu Serbuk Kayu Gergaji. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil. Universitas Indonesia. Depok.
- Suharlinah, L dan Sonjaya, G. 2011. Pemanfaatan *Biopozzolan* Eks Penggilingan Tebu Untuk Meningkatkan Mutu Beton. Jurnal. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.